

Tema 6. Electricidad: transporte de cargas

Práctica 6: Ley de Nerst

Práctica 7: Descarga de un circuito RC

Origen del movimiento de las cargas

- Fuerza de interacción entre dos cargas:

$$\vec{F} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \vec{e}_r$$

Ley de Coulomb

donde $K = \frac{1}{4\pi\epsilon}$

EN EL VACÍO $K = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

- ¿cómo es la fuerza eléctrica o culombiana?
 - **Atractiva** si las cargas tienen diferente signo
 - **Repulsiva** si son del mismo signo

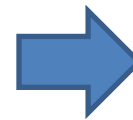
Campo y potencial eléctricos

- Tomando la ley de Coulomb podemos definir el **campo eléctrico** asociado a la carga q_1 como:

$$\vec{E}_1 = K \frac{q_1}{r^2} \vec{e}_r \Rightarrow \vec{F}_2 = q_2 \vec{E}_1$$

- El campo eléctrico también puede obtenerse del **potencial eléctrico**:

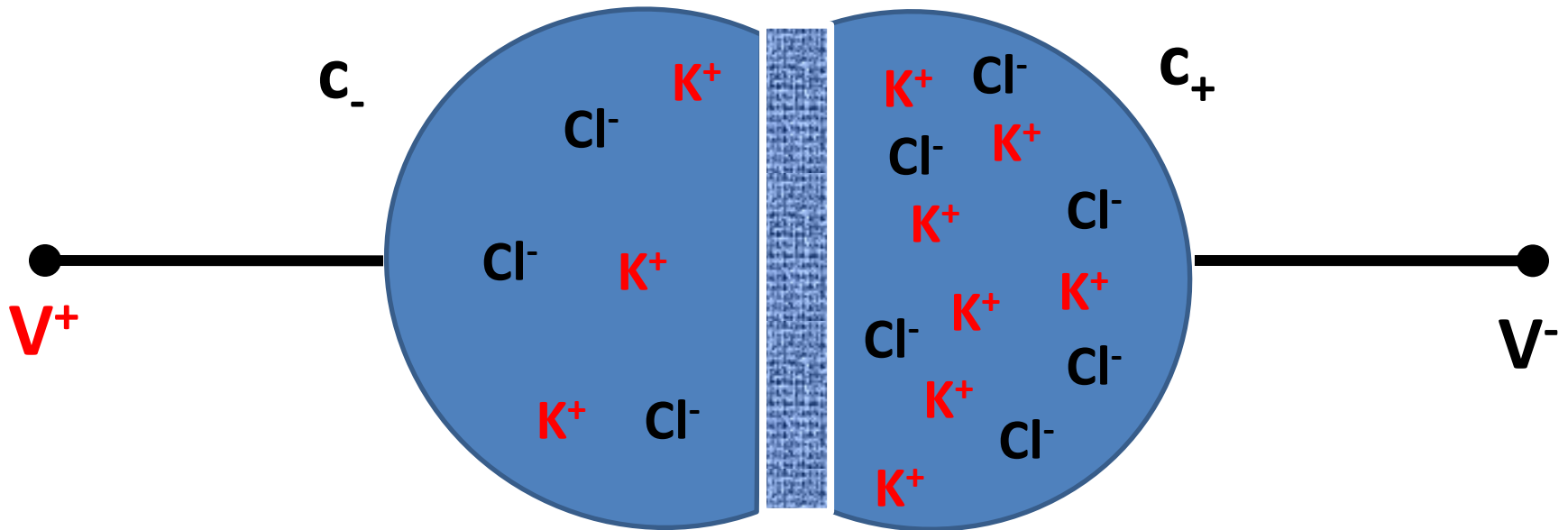
$$\vec{E}_1 = -\frac{dV}{dr} \vec{e}_r \Rightarrow V_1 = -K \frac{q_1}{r}$$



Energía potencial
(U) de q_2 en r:

$$U_2 = q_2 V_1$$

Práctica: Ley de Nernst



← J POR DIFUSIÓN

→ J DEBIDO A LA INTERACCIÓN ELÉCTRICA

$$V^+ - V^- = \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{c_+}{c_-} \right)$$

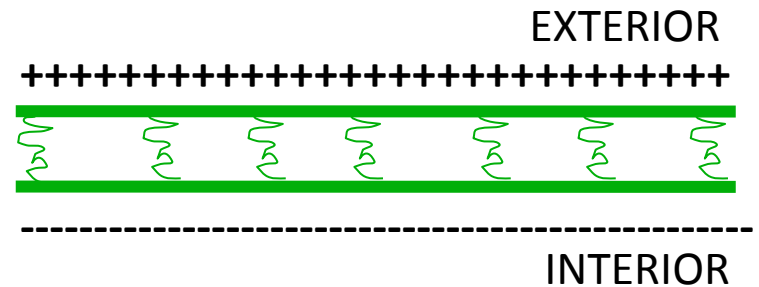
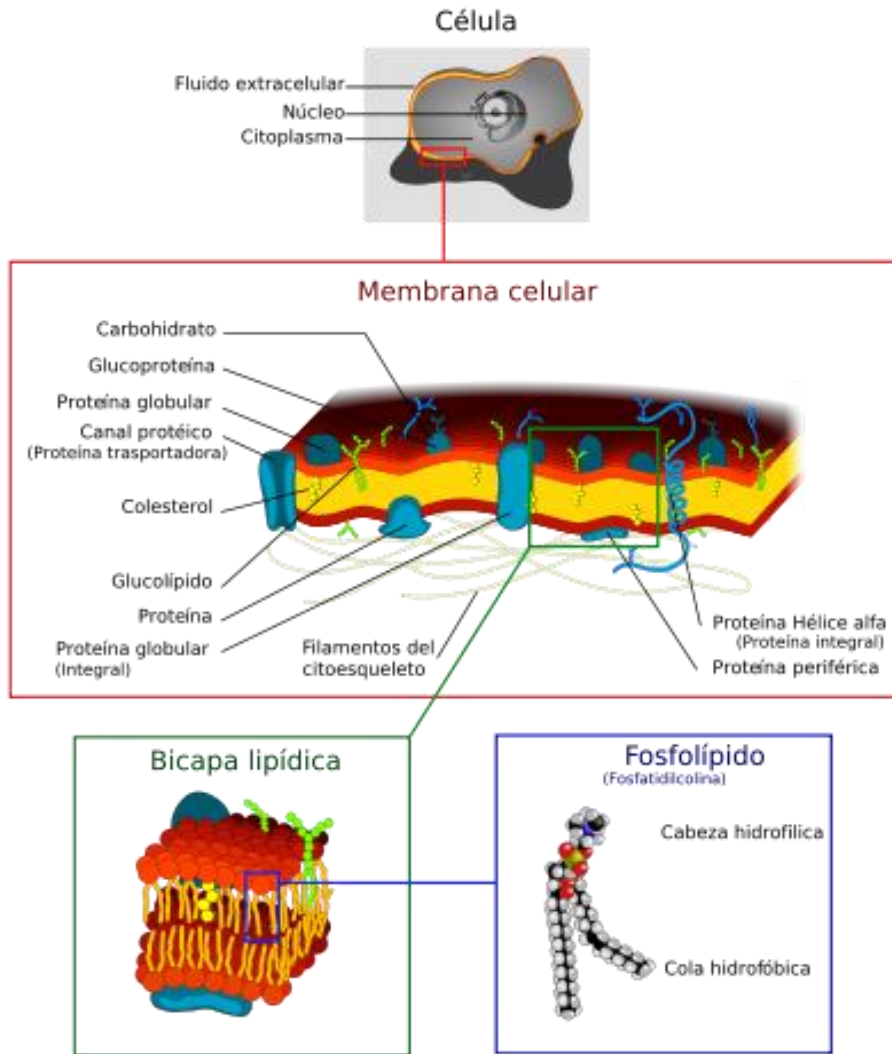
$$F = eN_A$$

$$F = 96.485,3383(83) \text{ C/mol}$$

$$R = KN_A$$

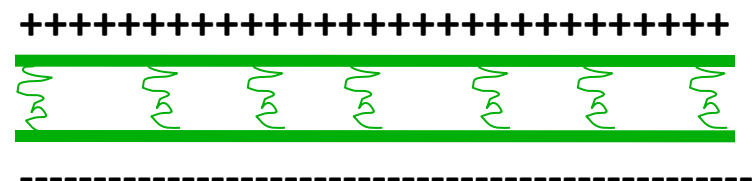
$$R = 8,31 \text{ J/mol K,}$$

Caso real: membrana celular en reposo

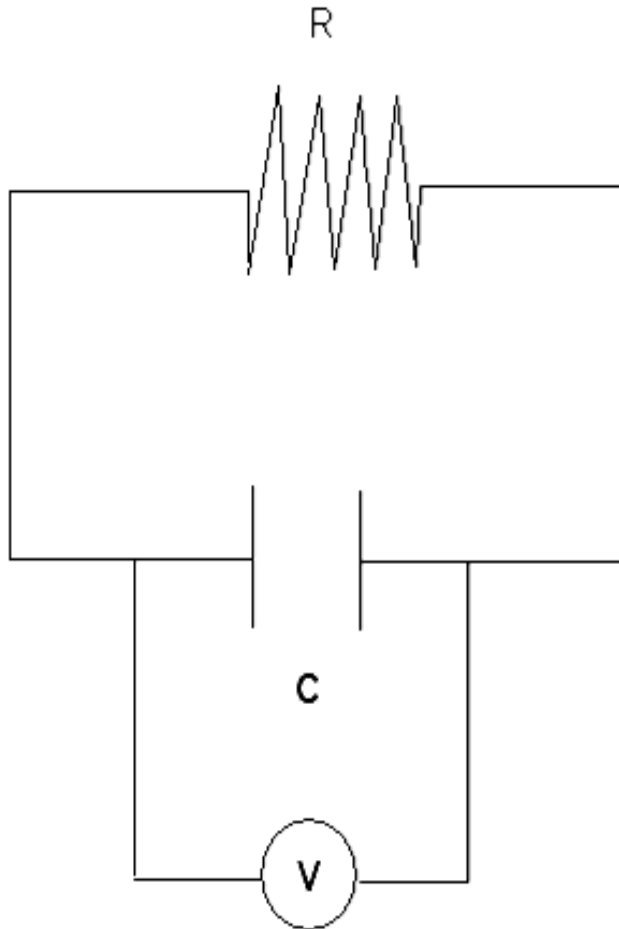


Caso real: membrana celular en reposo

- Supongamos que tiene un espesor de 8 nm con $\epsilon=7\epsilon_0$. La densidad de carga superficial a ambos lados de la membrana es $6 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$
 - Calcular el campo eléctrico de la membrana ($E=\sigma/\epsilon$)
 - Calcular la diferencia de potencial entre el interior y el exterior
 - Calcular la energía que se necesita para sacar un ion Cl^- del interior y la energía potencial que se pierde. Igual pero para un K^+ .
 - Calcular la capacidad por unidad de área de la membrana



Caso práctico: Descarga de un circuito RC

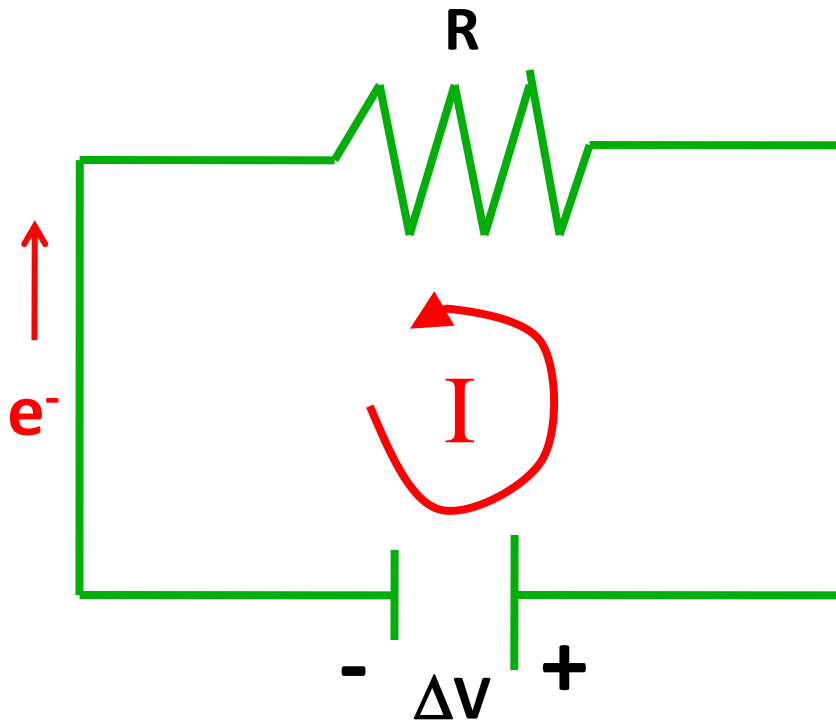


Estudio del transporte de cargas a través de un circuito formado por una resistencia y un condensador cargado

Caso real: transporte de iones a través de la membrana celular

Circuitos eléctricos

- ¿Qué es un circuito? La representación simbólica del transporte de cargas a través de los materiales



La intensidad de corriente de corriente (I) es el número de cargas que atraviesan, por unidad de tiempo, el material en un determinado punto. Se mide en amperios (A)

Resistencia de un circuito

- La resistencia de un material da cuenta de las pérdidas de unidades de carga durante el transporte a través de un determinado material.
- En el estado estacionario, con ΔV constante se cumple:

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

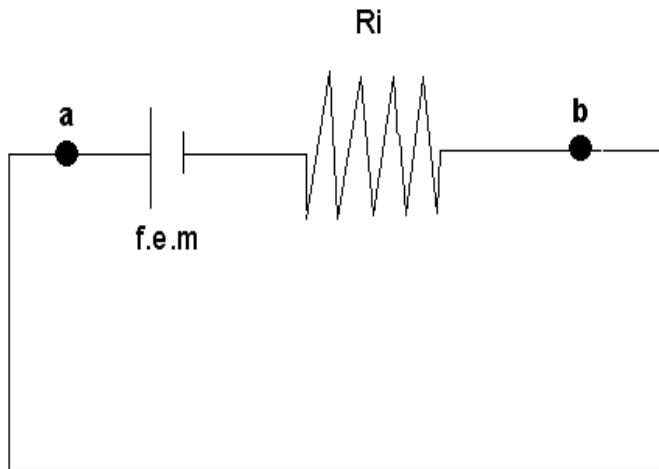
LEY DE OHM

- R se mide en ohmios (Ω)

Resistencia de un circuito

- La energía por unidad de tiempo que se disipa en la resistencia es la **potencia disipada, P**:

$$P = \frac{U}{t} = \frac{q\Delta V}{t} = I\Delta V = I^2 R$$

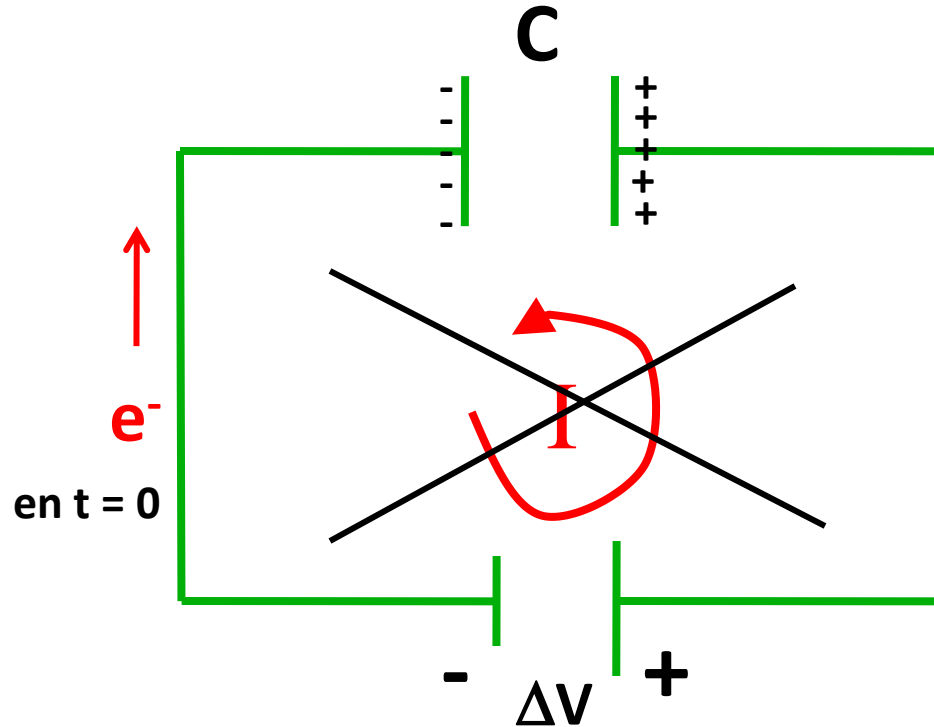


Para que entre **a** y **b** la diferencia de potencial sea constante necesitamos alimentar el circuito con una pila que proporcione una fuerza electromotriz (**f.e.m.**)

$$\text{f.e.m.} = \Delta V$$

Condensadores

- Si $R \rightarrow \infty$, $I = 0$ y el material es aislante:



$$Q = C \cdot \Delta V$$

La unidad de C en el S.I. es el faradio (F)

La energía acumulada en el condensador es:

$$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

Caso real: potencial de membrana

Un axón tiene un radio de 10^{-5} m. Un segmento de 1 cm de su membrana tiene una capacidad de $6 \cdot 10^{-9}$ F y potencial de reposo de 90 mV. Como ya hemos visto, esto se debe a un exceso de iones positivos sobre la superficie exterior y a un exceso igual pero de carga negativa en el interior.

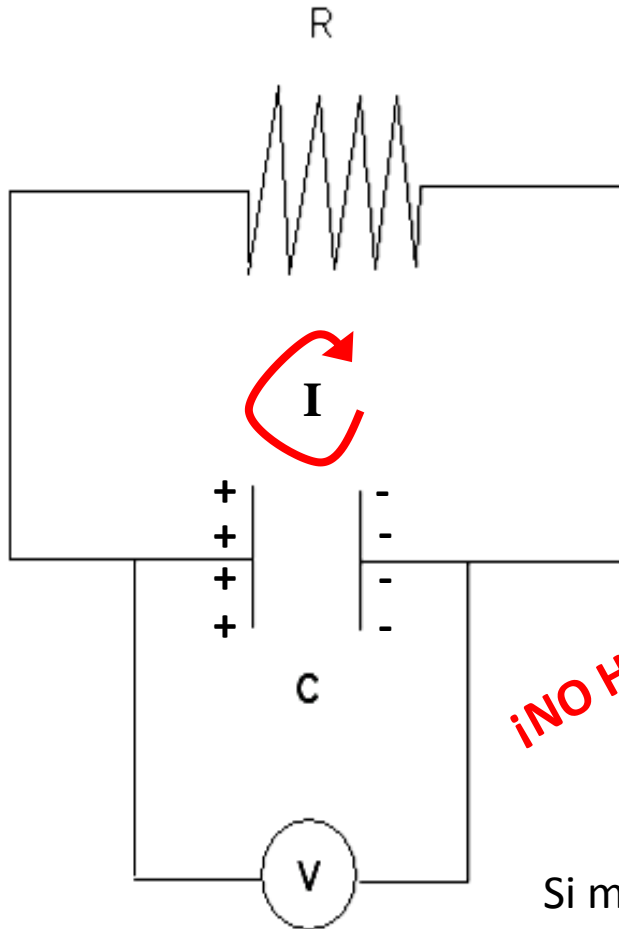
- ¿qué exceso de carga hay a cada lado de la membrana?
- Si ese exceso se debe a iones de carga unidad ¿qué exceso de iones hay a cada lado?
- Encontrar el cociente entre el número de iones negativos sobre la superficie interior de la membrana y el número de iones negativos en el interior del axón.
- Calcular utilizando la ley de Nernst el potencial de equilibrio correspondiente a las concentraciones en el interior y exterior del $[\text{Na}^+]$ y del $[\text{Cl}^-]$
- Si el potencial de membrana cambia de -90 mV a 40 mV ¿cuál es el flujo de carga a través de la membrana?

Datos: para un axón típico de mamífero las concentraciones en mol/m³ son:

Interior: $[\text{Na}^+] = 12$, $[\text{K}^+] = 155$, $[\text{Cl}^-] = 4$, [otros iones ⁻] = 163

Exterior: $[\text{Na}^+] = 145$, $[\text{K}^+] = 4$, $[\text{Cl}^-] = 120$, [otros iones ⁻] = 29

Descarga de un circuito RC



¡NO HAY PILA!

$$\left. \begin{array}{l} \Delta V = \frac{Q}{C} \\ \Delta V = I \cdot R \end{array} \right\} \rightarrow \frac{Q}{C} = -\frac{dQ}{dt} R$$

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/RC}$$

Si medimos V, como $Q = \Delta V \cdot C$:

$$V(t) = V_0 e^{-t/RC}$$

Descarga de un circuito

- Comprobar que el producto $R \cdot C$ tiene dimensión de tiempo como se deduce de la ecuación de $Q(t)$
- Calcular el tiempo necesario para que la carga de un condensador de $4\mu\text{F}$ con $Q_0=100\mu\text{C}$ que se descarga conectado a una resistencia de $200\ \Omega$ se reduzca hasta el 1%.